



# **CARACTERIZAÇÃO E EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA - PB**

---

**Natália Duarte de Sousa**  
*Universidade Federal da Paraíba*

**Daisy Beserra Lucena**  
*Universidade Federal da Paraíba*

## **RESUMO**

Estudos que tratam da caracterização dos eventos extremos de chuva são fundamentais para auxiliar no entendimento do comportamento futuro do sistema climático, especialmente em estudos mais específicos/detalhados, como os na escala local. Deste modo, tem-se como objetivo analisar o comportamento dos eventos de chuvas intensas e extremas, no recorte temporal de 1994 a 2022 no município de João Pessoa/PB. Dados diários de chuva foram utilizados para identificar e caracterizar as chuvas intensas e extremas, com base nos Percentis 95 (eventos intensos) e 99 (eventos extremos). Os testes estatísticos de Mann-Kendall, Pettitt e inclinação de Sen foram aplicados nas séries da quantidade de eventos intensos e extremos para avaliar a existência ou não de tendência. Utilizou-se as normais climatológicas do INMET com o objetivo de avaliar se há alguma mudança significativa na chuva para a cidade de João Pessoa-PB durante os últimos 90 anos. Os resultados apontam para uma possível transformação da chuva devido à redução das médias dos acumulados mensais nos meses de março, abril, maio, julho, agosto e setembro. Anos com mais eventos intensos não necessariamente terão mais eventos extremos, e vice-versa. Comumente, anos chuvosos apresentam mais episódios de eventos intensos e extremos, enquanto anos secos têm menos eventos. Foi constatado que há uma maior ocorrência de eventos intensos e extremos no período chuvoso, enquanto que, no período seco, as chuvas diminuem, reduzindo a ocorrência destes eventos.

**Palavras-chave:** Região Litorânea, Variabilidade da chuva, Percentis, Tendência.

## **Characterization and extreme rain events in the municipality of João Pessoa - PB**

---

## **ABSTRACT**

Studies that deal with the characterization of extreme rainfall events are essential to help understand the future behavior of the climate system, especially in more

specific/detailed studies, such as those on a local scale. Thus, the objective is to analyze the behavior of intense and extreme rainfall events, in the time frame from 1994 to 2022 in João Pessoa/PB. Daily rainfall data were used to identify and characterize intense and extreme rainfall, based on the 95th (intense events) and 99th (extreme events) percentiles. The Mann-Kendall, Pettitt, and Sen's Slope statistical tests were applied to the series of intense and extreme events to assess the existence or not of a trend. The climatological normal of INMET were used to determine whether there has been any significant change in rainfall for João Pessoa-PB over the last 90 years. The results indicate a possible change in rainfall due to the reduction in the average monthly accumulations in March, April, May, July, August, and September. Years with more intense events will not necessarily have more extreme events, and vice versa. Rainy years usually have more episodes of intense and extreme events, while dry years have fewer events. It was found that there is a greater occurrence of intense and extreme events in the rainy season, while in the dry season, rainfall decreases, reducing the occurrence of these events.

**Keywords:** Coastal Region, Rainfall Variability, Percentiles, Trend.

## INTRODUÇÃO

É sabido da influência direta do clima na vida da população urbana, tendo em vista que suas atividades e funções diárias estão associadas às condições do tempo, podendo ser favoráveis ou desfavoráveis, dependendo da forma como se expõem a tal (MENDONÇA; AMORIM, 2010). Deste modo, a chuva pode ser considerada como uma das variáveis atmosféricas mais impactantes nas atividades humanas (SILVA *et al.*, 2020). Por isso, é essencial conhecer a sua distribuição espaço-temporal com o intuito de compreender as possíveis influências no ciclo hidrológico, na agricultura, no turismo e outras atividades (WANDERLEY; AMORIM; CARVALHO, 2012).

As mudanças climáticas e o aquecimento global estão associados ao agravamento do problema dos eventos extremos de chuva positivos e negativos (MARENGO, 2002), os quais são intensificados pela interferência humana. Neste sentido, há vários estudos que analisam a relação entre o crescimento da quantidade de eventos extremos com o aquecimento global e as mudanças climáticas. Contudo, tais trabalhos servem apenas como confirmação da percepção de que esses eventos estão mais frequentes e atípicos, como já tem sido observado e relatado por pessoas mais velhas, isso no mundo inteiro (MARGULIS, 2020).

Diante disso, os estudos que tratam da caracterização da distribuição dos eventos extremos de chuva são fundamentais, uma vez que auxiliam no entendimento do comportamento futuro do sistema climático. Estas informações são imprescindíveis para o planejamento de política públicas, a tomada de decisões e ações de mitigação e adaptação do ambiente urbano às alterações climáticas, sendo capazes

de contribuir com a redução dos riscos associados a estes eventos (BRASIL, 2013; 2015).

Normalmente, na Paraíba, ocorrem mais episódios de chuva no litoral, enquanto que, na região semiárida, são observados os maiores volumes de chuva, principalmente nas Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas (MPH) do Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (ARAÚJO, 2020). Por causa da alta variabilidade da chuva de leste a oeste do estado, a Paraíba é considerada um ótimo laboratório para estudar eventos meteorológicos e climatológicos na região Nordeste do Brasil – NEB (BECKER *et al.*, 2011).

Dentre os temas mais antigos, que são recorrentemente discutidos, tem-se a variabilidade interanual da precipitação no NEB. Tanto que é possível encontrar inúmeras pesquisas realizadas no mundo todo, as quais reafirmam a importância de se entender a variável chuva, bem como a sua sazonalidade, espacialização, frequência, volumes de eventos específicos, influência dos fenômenos atmosféricos, dentre outros. Ademais, é fundamental entender a sua relação com o meio ambiente e a sociedade (OLIVEIRA, 2021).

Consoante a isso, há diversos estudos que tratam desta temática tendo como foco o município de João Pessoa, na Paraíba. Como é o caso de Silva (2018), que estudou os impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental associadas às chuvas no município de João Pessoa. Oliveira (2021) fez uma análise mais específica, buscando compreender a variabilidade da precipitação e ocorrência de episódios de alagamento nas proximidades da sede administrativa da CBTU no município de João Pessoa – PB, dentre outros.

Por fim, o detalhamento do elemento chuva é primordial, pois permite preparar a população quanto aos impactos deflagrados pelos eventos extremos. Assim, pode-se adotar medidas de prevenção e mitigação adaptadas à realidade local, com a finalidade de reduzir os riscos de desastres nas mais diversas áreas das cidades com diferentes níveis de vulnerabilidade. Uma vez que não é possível evitar que os eventos extremos ocorram, pode-se, ao menos, evitar que os impactos sejam tão severos na população por meio do planejamento urbano.

Deste modo, o objetivo geral deste trabalho é colaborar com os estudos associados às mudanças climáticas a partir da análise do comportamento dos eventos de chuvas intensas e extremas, no recorte temporal de 1994 a 2022, para o município de João Pessoa/PB. Dentre os objetivos específicos, destacam-se: (i) caracterizar o padrão de comportamento das chuvas no município; (ii) analisar a variabilidade dos eventos de chuvas extremas e intensas ocorridas; e (iii) identificar possíveis tendências na ocorrência de eventos intensos e extremos de chuva.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

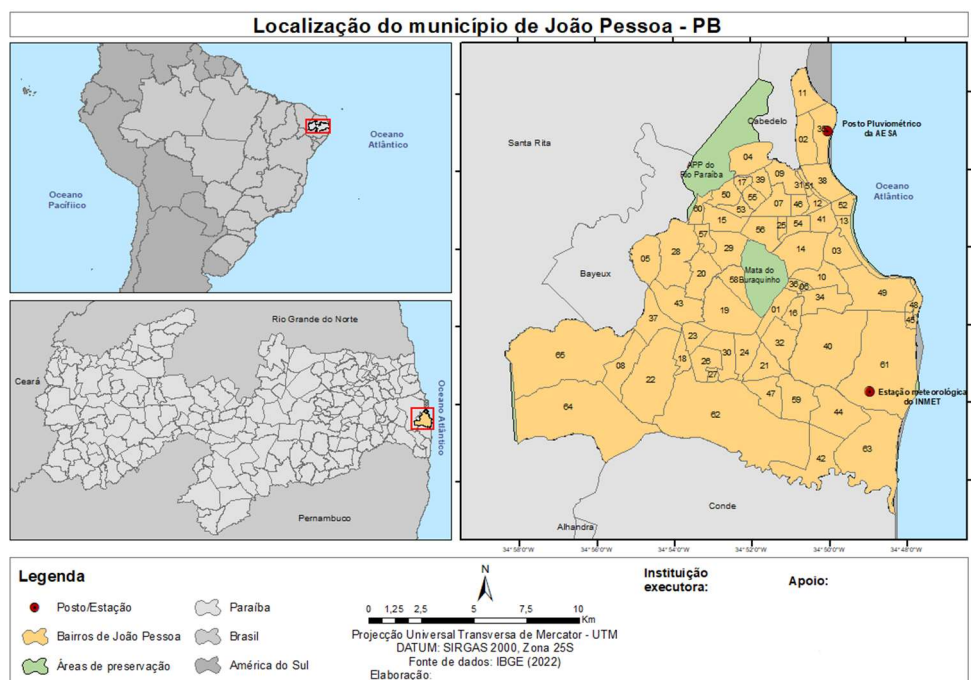
O recorte de análise é o município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Situa-se entre as latitudes de 07°02'S e 07°19'S, e as longitudes de 34°48'O e 34°59'O. De acordo com a classificação mais recente do IBGE (2017), João Pessoa

está localizada na Região Geográfica Imediata de mesmo nome, composta por outros 22 municípios.

Na delimitação territorial do município, à leste tem-se o Oceano Atlântico, que exerce um papel fundamental no controle climático. Ao norte, divide fronteira com os municípios de Bayeux e Cabedelo. À oeste, tem-se o município de Santa Rita, e ao sul, o Conde.

Em termos econômicos, o município apresenta uma importância considerável para o estado, além de ser o mais populoso. Segundo o Censo do IBGE (2022), a população é de 833.932 habitantes, que está distribuída em uma área de 210,04 km<sup>2</sup>. Logo, sua densidade demográfica é de 3.970,27 hab/km<sup>2</sup>. Ademais, o município é formado por 65 bairros, que foram numerados e listados (Tabela 1) a fim de facilitar a identificação dos mesmos no mapa (Figura 1).

**Figura 1** – Localização do município de João Pessoa – PB, seus bairros, estação meteorológica do INMET e posto pluviométrico da AESA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Consoante a Lei Complementar Estadual de Nº. 93, a qual foi estabelecida em 11 de dezembro de 2009, a área de estudo compõe a Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP), que é formada também pelos municípios de Bayeux, Cabedelo, Conde, Cruz do Espírito Santo, Lucena, Mamanguape, Rio Tinto, Santa Rita, Alhandra, Caaporã e Pitimbu. Outrossim, há uma regionalização com base na chuva para o estado, divisão essa proposta por Braga e Silva (1990), citados por Silva *et al.* (2022), o município está situado na Microrregião Pluviometricamente Homogênea

(MPH) do Litoral, que apresenta como período chuvoso os meses de abril a julho, assim como as MPH do Brejo e Agreste (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

O processo de urbanização do município de João Pessoa deu-se em direção ao mar, sobretudo depois da década de 1960, acompanhado da periferização, construção de residenciais de baixo padrão e favelas, altamente povoados, segregados e repletos de injustiças sociais (MAIA, 2000; 2014). Além disso, o município de João Pessoa está inserido no contexto brasileiro de urbanização e verticalização, em que é notória uma descaracterização e degradação do meio físico-natural, bem como a subtração das áreas verdes e a impermeabilização do solo para o crescimento urbano em outras áreas da cidade (SILVA, 2018).

**Tabela 1 – Identificação dos bairros do município de João Pessoa – PB**

<b>CÓDIGO</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>BAIRRO</b>
1	Água Fria	34	Jardim Cidade Universitária
2	Aeroclube	35	Jardim Oceania
3	Altiplano Cabo Branco	36	Jardim São Paulo
4	Alto do Céu	37	Jardim Veneza
5	Alto do Mateus	38	Manaíra
6	Anatólia	39	Mandacarú
7	Bairro dos Estados	40	Mangabeira
8	Bairro das Indústrias	41	Miramar
9	Bairro dos Ipês	42	Muçumagro
10	Bancários	43	Oitizeiro
11	Bessa	44	Paratibe
12	Brisamar	45	Penha
13	Cabo Branco	46	Pedro Gondim
14	Castelo Branco	47	Planalto da Boa Esperança
15	Centro	48	Ponta do Seixas
16	Cidade dos Colibris	49	Portal do Sol
17	Padre Zé	50	Róger
18	Costa e Silva	51	São José
19	Cristo Redentor	52	Tambaú
20	Cruz Das Armas	53	Tambiá
21	Cuiá	54	Tambauzinho
22	Distrito Industrial	55	Treze de Maio
23	Ernani Sátiro	56	Torre
24	Er neste Geisel	57	Trincheiras
25	Expedicionários	58	Varjão
26	Funcionários	59	Valentina
27	Grotão	60	Varadouro
28	Ilha do Bispo	61	Costa do Sol
29	Jaguaribe	62	Gramame
30	João Paulo II	63	Barra de Gramame
31	João Agripino	64	Mussuré
32	José Américo	65	Mumbaba

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

### Dados de chuva

Foram utilizados dados diários de chuva para a série temporal de 01 de janeiro de 1994 a 31 de dezembro de 2022, disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESA). Desde o início da década de 1990, é de responsabilidade da AESA a coleta e organização dos dados diários, mensais e anuais de chuva no estado da Paraíba (SILVA, 2007). Ao todo, o órgão estadual apresenta 253 postos pluviométricos distribuídos nos 223 municípios do estado paraibano. Em João Pessoa, são 5 (cinco) postos pluviométricos instalados da AESA.

Dentre as limitações quanto ao desenvolvimento de estudos de análise da variabilidade, destaca-se a falta de dados consistentes e falhas (FARIAS; ALVES; NÓBREGA, 2012). Por causa da falta de dados climatológicos diários confiáveis e de boa qualidade, séries longas e com poucas falhas, os resultados de estudos sobre eventos intensos de chuva ficam comprometidos (MARENGO; VALVERDE, 2007).

Diante do exposto, escolheu-se o município por causa não só da sua importância socioeconômica, mas também em virtude da disponibilidade dos dados. Assim, foi selecionado o posto pluviométrico com a série mais longa e completa, e, por conseguinte, com maior homogeneidade, como proposto por Camargo *et al.* (2011). Logo, considerando os 5 (cinco) postos da AESA distribuídos no município de João Pessoa, selecionou-se o denominado “JoãoPessoa/DFAARA (ID 3940226)”, situado na latitude  $-7,0833^\circ$  e longitude  $-34,8333^\circ$ , que possui 99,72% de dados disponíveis. Como a quantidade de dados faltosos é reduzida, isso diminuiria o prejuízo ao progresso da pesquisa, mantendo a confiabilidade dos resultados.

Acrescenta-se que foram utilizados os dados das normais climatológicas do Brasil (1961 a 1990, 1981 a 2010 e 1991 a 2020), disponibilizados no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<https://portal.inmet.gov.br/normais>), para a construção dos gráficos das normais com o objetivo de analisar se há alguma mudança significativa no clima da cidade de João Pessoa-PB durante os últimos 90 anos.

### Análise dos Quantis: Percentil 95 e 99

Comumente, a Técnica dos Quantis (WILKS, 2006 *apud* AMORIM *et al.*, 2019) é aplicada em estudos de eventos extremos de chuva (COSTA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016), que podem ser identificados por meio dos percentis 90, 95 ou 99, por exemplo. Em virtude disso, foi aplicada a análise dos Quantis através da organização da série de dados em ordem crescente para, em seguida, dividir em *n* partes iguais. Como aplicou-se a técnica dos Percentis (P), a amostra foi dividida em 100 partes iguais, onde cada parte possui uma porcentagem, aproximadamente, igual de dados.

Desta forma, foram utilizados os Percentis de ordem 95 (P95) e 99 (P99) para caracterizar as chuvas intensas e extremas, respectivamente. Pelo P95, os dados de chuva acima de 0 mm são divididos em dois grupos, em que 95% estão abaixo do limiar e os 5% restante estão acima dele, que caracterizam as chuvas intensas. De

modo semelhante, pelo P99, os valores de chuva superiores a 0 mm são separados no grupo dos 99% abaixo do limiar e em outro dos 1% acima dele, que equivalem às chuvas extremas. Portanto, chuva intensa é aquele que excede o limiar do P95 e, por conseguinte, as chuvas extremas excedem o limiar do P99. Assim, toda chuva extrema é também classificada como intensa.

Em uma série histórica longa de dados, com 30 anos ou mais, pode ocorrer de eventos extremos superiores serem erroneamente classificados, sendo subestimados por causa dos valores nulos (sem chuva) ou com pequenas quantidades (2 mm, 5 mm ou pouco mais). Logo, o que pode ser considerado extremo, na realidade, não tem magnitude suficiente de deflagrar impactos de grandes proporções como pode ocorrer em casos de eventos extremos (MONTEIRO; ZANELLA, 2017). Por causa disso, excluiu-se os dias sem chuva do cálculo dos percentis para não distorcer os limiares da realidade do município.

Considerando outros trabalhos que já aplicaram com sucesso a Técnica dos Quantis em estudos de determinação dos eventos extremos, optou-se por aplicá-la também no presente trabalho (COSTA *et al.*, 2015; PEREIRA; MOURA; LUCENA, 2020; SILVA *et al.*, 2022). Ademais, dois dos nove índices climáticos usados na análise de chuvas e recomendados pelo *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices - ETCCDMI* (em português, Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas), especificamente o R95p e o R99p estão relacionados com os Percentis.

Neste sentido, o *software RStudio* foi utilizado para o cálculo dos limiares da série histórica de 1994 a 2022, de forma rápida e eficiente. Após a quantificação dos eventos intensos e extremos, pode-se construir os gráficos da variabilidade anual e interanual a partir dos percentis 95 e 99. Acrescenta-se que com a série temporal de dados da quantidade de eventos intensos e extremos foram aplicados os testes estatísticos de Mann-Kendall, Pettitt e *Sen's Slope* para a análise de tendência.

### **Análise estatística: Testes de Mann-Kendall, Pettitt e Declividade de Sen**

O teste de Mann-Kendall é comumente aplicado na determinação de tendências hidrológicas (COSTA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016), além de ser considerado um método adequado para a análise de mudanças climáticas (GOOSSENS; BERGER, 1986 *apud* AMORIM *et al.*, 2019). Considerando isso, o teste de Mann-Kendall (KENDALL, 1975; MANN, 1945) foi usado com a finalidade de avaliar se há tendência estatisticamente significativa do aumento da quantidade de eventos extremos de chuva no município de João Pessoa, a partir do *software RStudio*.

O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico, pois a sucessão de valores de uma série temporal estável é independente, isto é, a série aleatória é do tipo simples com uma distribuição de probabilidade que será sempre a mesma (GOIS, 2017). Segundo Goossens e Berger (1986 *apud* REGOTO *et al.*, 2018), a estatística S do teste de Mann-Kendall é tido como o método mais eficaz para a análise da

significância de possíveis alterações climáticas nas séries climatológicas. Logo, a estatística  $S$  é calculada por meio da Equação 1:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{ sinal}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Em que  $n$  corresponde ao número total de dados da série,  $x$  é cada um dos valores a cada instante  $i$  e  $j$ , em que  $i \neq j$ , e o "sinal" é calculado pela Equação 2:

$$\text{ sinal} = \begin{cases} 1, & \text{se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Assim, há duas hipóteses possíveis:

- **$H_0$  (Hipótese nula):** não há indícios de tendência; e
- **$H_A$  (Hipótese alternativa):** há indícios de tendência de crescimento ou decréscimo na série.

Logo, a hipótese nula de que não há tendência na série é testada contra a hipótese alternativa de que há indícios de tendência. Desta maneira, se  $S$  assumir valores positivos, haverá tendência de aumento e, se assumir valores negativos, a tendência é de redução. Ademais, é possível aproximar a distribuição da estatística  $S$  por meio de uma distribuição normal ainda que a amostra tenha um tamanho  $n$ , de tal forma que a média é  $E(S) = 0$  e a variância é  $V(S)$ . Portanto, quando  $n > 10$ , a estatística  $S$  seguirá uma distribuição do tipo Gaussiana, em que a média será nula e a variância será calculada pela Equação 3:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Onde  $m$  é a quantidade de grupos de valores repetidos e  $t_i$  é o número de dados de cada grupo que se repete. Assim, a significância estatística da tendência é calculada pelo  $Z$  score através da Equação 4:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Pelo  $p$ -valor, que corresponde à probabilidade de ocorrência de valores extremos, é possível determinar a aceitação ou não da hipótese nula. Deste modo, caso o  $p$ -valor seja menor ou igual a 5%, a hipótese nula é rejeitada em contraposição à aceitação da hipótese alternativa (SILVESTRE, 2016). Com isso, constata-se se há tendência estatisticamente significativa ou não na série de dados analisada.

Quanto ao Teste de Pettitt, este é muito usado para a identificação de possíveis quebras na série de dados de eventos de chuva, detectando um ponto de mudança na série climática (PETTIT, 1979 *apud* AMORIM *et al.*, 2019). Desta forma, utilizou-se o teste de Pettitt para a verificação da existência de uma descontinuidade na série de dados, ou seja, identificar um ponto de mudança ou ruptura, que indica o

início da tendência. Outrossim, é identificada se a série histórica pluviométrica apresenta uma homogeneidade ou não dos dados por meio de cálculos estatísticos.

O teste de Pettitt (PETTITT, 1979) é um teste não-paramétrico, que não requer hipótese sobre a distribuição dos dados. É uma adaptação do teste não-paramétrico de Mann-Whitney (CONOVER, 1999), que tem a finalidade de avaliar se duas amostras ( $X_1, \dots, X_t$ ) e ( $X_{t+1}, \dots, X_T$ ) da série temporal analisada fazem parte da mesma população, por meio da contagem do número de vezes que um elemento de uma amostra é maior que os elementos da outra (SILVESTRE, 2016). Assim, observa-se se há diferenças significativas na média entre as duas amostras.

Para verificar se há um ponto de mudança brusca na série, são considerados todos os valores de  $t = 2, \dots, T$ . Logo, num primeiro momento, calcula-se o valor de  $D_{ij}$  segundo a Equação 5:

$$D_{ij} = \text{sinal} (X_i - X_j) \quad (5)$$

Onde o valor de “sinal” também é calculado através da Equação 2. Depois de calculados todos os valores de  $D_{ij}$  para todos os pares possíveis de amostras, estes resultados são aplicados na Equação 6 para a determinação do  $U_{t,T}$ :

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T D_{ij} \quad (6)$$

Assim, são admitidas duas hipóteses possíveis para o teste bilateral:

- **$H_0$  (Hipótese nula):** não há ruptura na série; e
- **$H_A$  (Hipótese alternativa):** há alguma ruptura na série.

Em seguida, é calculado o valor crítico  $K_T$  da estatística através da Equação 7:

$$K_T = \max_{1 \leq t < T} |U_{t,T}| \quad (7)$$

Por fim, é determinado o *p-valor* pela Equação 8, em que a probabilidade de significância é igual ao dobro de uma hipótese unilateral, pois se trata de uma hipótese bilateral.

$$p - \text{valor} = 2 \exp \left\{ \frac{-6(k^+)^2}{(T^3 - T^2)} \right\} \quad (8)$$

A partir disso, é possível determinar se há ou não ruptura pela análise do *p-valor* obtido. Para o trabalho em questão, considerou-se a rejeição da hipótese nula para o *p-valor*  $\leq 0,05$  ou 5%. Assim, é aceita a hipótese alternativa de que há uma ruptura brusca na série no ponto  $t$ . Caso contrário, se o *p-valor*  $\geq 0,05$  ou 5%, a hipótese nula é aceita e não há ruptura na série de dados.

Por meio dos resultados obtidos pela aplicação do teste de Pettitt no *RStudio*, pode-se elaborar um gráfico no *Microsoft Excel* para mostrar as rupturas da série de dados das quantidades de eventos intensos (P95) e extremos (P95) que ocorreram no município de João Pessoa-PB entre os anos de 1994 a 2022. Além disso, o *RStudio* também retornou os resultados de  $U_{t,T}$ ,  $K_T$ , as médias antes e após a ruptura, e o *p-valor*, o que permite identificar se há indícios de uma tendência estatisticamente significativa ou não.

Quanto ao teste de *Sen's Slope* (1968), este também é um teste estatístico não-paramétrico que é capaz estimar a intensidade da tendência através da aplicação do estimador estatístico  $S_e$ , conforme a Equação 9:

$$S_e = \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad (9)$$

Em que  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ;  $x_j$  e  $x_i$  são aos valores associados a  $x$  nos instantes  $j$  e  $i$ , respectivamente, em que  $j > i$ . Outrossim,  $N$  representa a quantidade de pares distintos de observações, e tem-se que:  $N = \frac{n(n-1)}{2}$ . Neste sentido, calcula-se o estimador inclinação pela mediana de todos os valores de  $S_e$  ranqueados, seguindo a Equação 10:

$$S_{med} = \begin{cases} S_{[(N+1)/2]}, & \text{se } N \text{ é ímpar} \\ \frac{S_{(N/2)} + S_{[(N+2)/2]}}{2}, & \text{se } N \text{ é par} \end{cases} \quad (10)$$

Portanto,  $S_{med}$  é um indicativo da inclinação da tendência, em que os valores positivos indicam tendências positivas e, conseqüentemente, os valores negativos representam tendências negativas. Determina-se ainda o intervalo de confiança para este teste de acordo com a Equação 11:

$$C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{Var(S)} \quad (11)$$

Na qual  $Var(S)$  é calculada pela Equação 3 e  $Z_{1-\alpha/2}$  é dado por uma distribuição normal padrão. Logo, determina-se o intervalo de confiança pelos limites inferior ( $S_{min}$ ) e superior ( $S_{max}$ ), conforme as Equações 12 e 13:

$$S_{min} = S_{(M_1)} \text{ e } S_{max} = S_{(M_2+1)} \quad (12)$$

$$M_1 = \frac{N - C_\alpha}{2} \text{ e } M_2 = \frac{N + C_\alpha}{2} \quad (13)$$

Deste modo, quando os dois limites ( $S_{min}$  e  $S_{max}$ ) apresentam sinais iguais, pode-se dizer que a inclinação  $S_{med}$  é estatisticamente diferente de zero (REGOTO *et al.*, 2018).

Tanto os testes de Mann-Kendall e Pettitt, quanto o teste de *Sen's Slope* foi aplicado à análise da quantidade dos eventos intensos (P95) e extremos (P95), que ocorreram no município de João Pessoa-PB entre os anos de 1994 a 2022, usando o *software RStudio*. Nesta perspectiva, o teste de Sen complementou os demais testes na identificação da tendência, bem como na determinação da sua intensidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

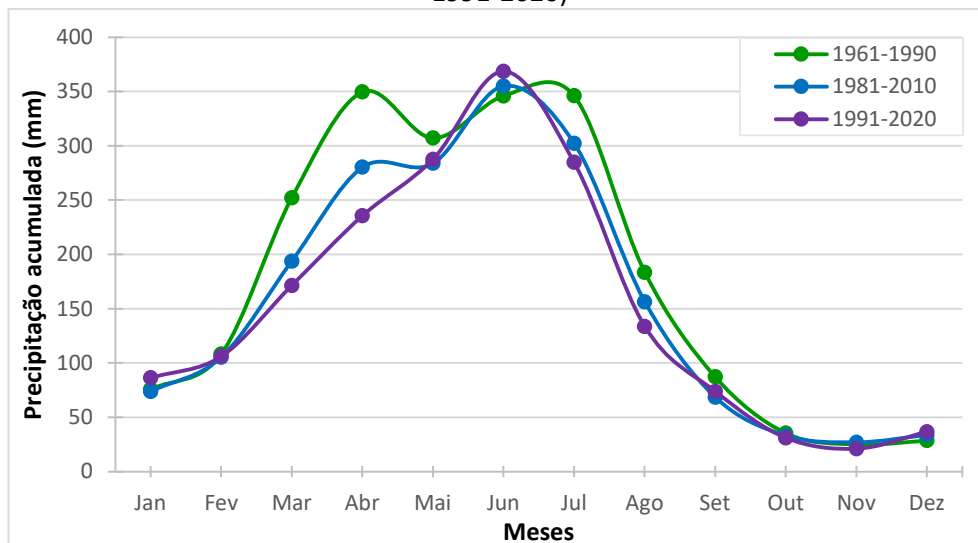
Analisando o total anual da chuva a partir das Normais Climatológicas para o município de João Pessoa - PB, pode-se notar uma diminuição desses valores ao longo do período estudado (Figura 2). Na normal entre 1961-1990, o total anual médio de chuva era igual a 2145,3 mm. Em 1981-2010, esse valor reduziu para 1914 mm e, na última normal (1991-2020), o valor caiu para 1837,4 mm. Essa diminuição

da chuva total anual é uma tendência esperada em outras localidades (SOARES; ALMEIDA; SOUZA, 2022).

É possível observar ainda uma considerável redução das chuvas nos meses de março e abril. Na normal de 1961-1990, as precipitações acumuladas eram de 252,2 mm (em março) e de 349,8 mm (em abril). No entanto, estas diminuíram nas normais de 1981-2010 e 1991-2020, chegando ao valor de 171,5 mm (março) e 235,7 mm (abril) na normal mais recente. Deste modo, no mês de março, é notada uma diminuição da precipitação acumulada de mais de 80 mm e, em abril, essa queda foi de, quase, 115 mm da normal mais antiga para a atual, podendo estes valores serem considerados bem expressivos.

Destaca-se também uma discreta redução da precipitação acumulada nos meses de julho e agosto, passando de 346,1 mm (1961-1990) para 284,9 mm (1991-2020) e de 183,5 mm (1961-1990) para 133,7 mm (1991-2020), respectivamente. Em outras palavras, a precipitação acumulada de julho caiu mais de 60 mm e, a de agosto, quase 50 mm. Ademais, há um ligeiro aumento de pouco mais de 20 mm no mês de junho, passando de 346,1 mm (1961-1990) para 368,7 mm (1991-2020). Nos demais meses, seguiu-se o padrão esperado, bem próximo do registrado nas demais normais climatológicas.

**Figura 2** - Normais Climatológicas de João Pessoa-PB (1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020)



Fonte: INMET (2023). Organizado pelos autores (2023).

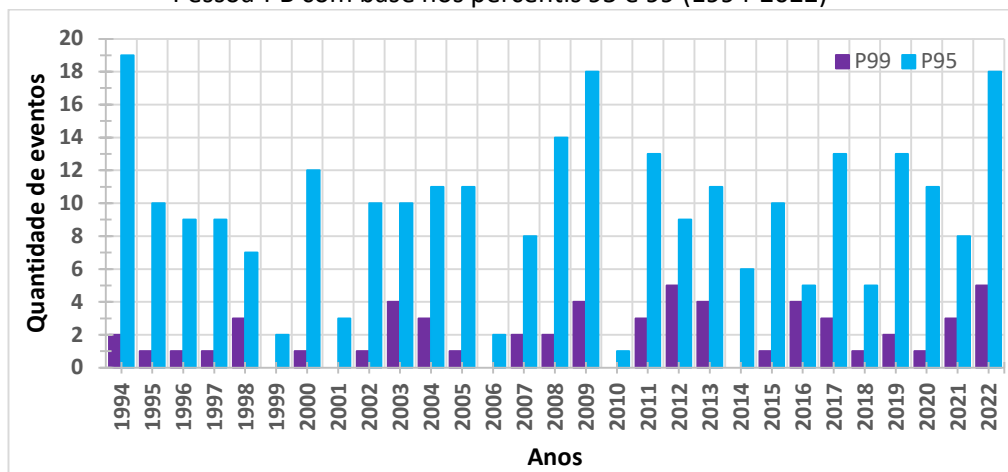
Neste sentido, essa redução da chuva no município de João Pessoa pode estar relacionada com diversos fatores, a exemplo das alterações no uso e ocupação do solo. Tais modificações podem ter acarretado a redução da vegetação existente na localidade ou até mesmo o seu adensamento em áreas específicas, fazendo com que não esteja bem distribuída ao longo de todo município. Além disso, pode ser

apenas decorrente de um padrão esperado de redução da precipitação total anual e da ocorrência de chuvas mais concentradas, como apontam alguns estudos (GONÇALVES; BACK, 2018; CAMPOS; CHAVES, 2020; MARRAFON; REBOITA, 2020). Contudo, estas questões precisam ser aprofundadas a fim de entender até que ponto essas relações são verdadeiras.

Conforme esperado, o período chuvoso do município de João Pessoa está compreendido entre os meses de abril a julho, as quais correspondem às maiores médias mensais de precipitação acumulada. Contudo, o período seco ocorre nos meses de setembro a dezembro, quando as médias das precipitações acumuladas caem consideravelmente, ficando abaixo do volume precipitado mensal de 50 mm. Tal valor pode ser considerado pouco, já que se trata de um município situado no litoral, onde a média mensal esperada é de mais de 160 mm.

Por meio do cálculo dos percentis, com base nas séries de chuvas diária para João Pessoa, determinou-se o limiar do P95 igual a 42,72 mm, que define os eventos intensos. A partir deste valor, foram identificados 278 eventos intensos em toda a série histórica analisada. No caso do P99, determinou-se o limiar de 89,40 mm para os eventos extremos. Com isso, identificou-se 58 eventos extremos que ultrapassaram essa quantidade de volume diário precipitado. Ao todo, foram analisados 10.562 dias, dos quais 5.549 foram dias com chuva e 5.013 foram dias sem chuva, isto é, com volume precipitado diário igual a 0 mm (Figura 3).

**Figura 3** – Variabilidade anual dos eventos intensos e extremos de chuva em João Pessoa-PB com base nos percentis 95 e 99 (1994-2022)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao analisar a variabilidade anual dos eventos intensos e extremos de chuva, é perceptível que os anos com mais eventos intensos (P95), com quantitativo superior a 12 eventos por ano, foram 1994, 2000, 2008, 2009, 2011, 2017, 2019 e 2022. Considerando o P99, os anos com mais eventos extremos, com quantidade superior a 4 eventos anuais, foram 2003, 2009, 2012, 2013, 2016 e 2022. Pode-se

notar que nem sempre o ano que tem mais eventos intensos terá mais eventos extremos.

De acordo com os resultados obtidos por Pereira (2018), que estudou a dinâmica climática e as chuvas na região da Zona da Mata, Nordeste do Brasil, entre 1995 a 2016, aponta-se o ano 2000 como sendo Ano-Padrão muito chuvoso, 2002 foi classificado como Ano-Padrão normal, já 2016 foi considerado Ano-Padrão muito seco. Segundo Silva (2018), que analisou as chuvas no município de João Pessoa, seus impactos, riscos e a vulnerabilidade socioambiental associada entre 1983 e 2016, os anos de 1985, 1994, 2000 e 2009 são apontados como os com maiores totais anuais observados.

Logo, é esperado que anos muito chuvosos tenham uma maior ocorrência de eventos intensos e extremos, como é o caso de 1994, 2000 e 2009. Apesar disso, é curioso que um ano muito seco como 2016 tenha ocorrido tantos eventos extremos. Tal fato demonstra os múltiplos fatores associados e que este não é um obstáculo para a ocorrência dos mesmos.

Dentre os anos com menos que 3 eventos intensos, destacam-se: 1999, 2001, 2006 e 2010. Já no caso dos anos sem registro de eventos extremos, tem-se destaque para 1999, 2001, 2006, 2010 e 2014. De modo semelhante, estes mesmos anos não tiveram registros de eventos intensos, com exceção de 2014. Por isso, estes resultados estão de acordo com o esperado, pois, consoante Silva (2018), os anos de 1999, 2001 e 2006 apresentaram os menores totais anuais. Portanto, é comum que anos menos chuvosos apresentem menos eventos intensos e extremos, porém esta não é uma condicionante exclusiva.

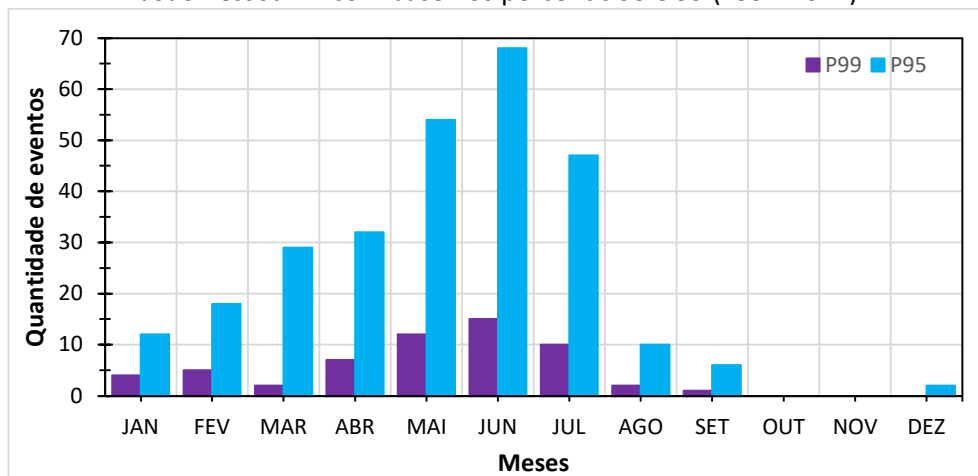
Geralmente, os eventos extremos chuvosos ou secos estão relacionados aos fenômenos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Porém, tais eventos não dependem exclusivamente destes, de tal forma que podem ocorrer também quando tais fenômenos não estão presentes (BRITO; SILVA, 2012; LOUREIRO *et al.*, 2014).

Não obstante, faz-se necessário também o estudo da variabilidade interanual, isto é, compreender a dinâmica dos eventos intensos e extremos ao longo dos meses do ano. Tal estudo tem o objetivo de entender a relação dos períodos seco, chuvoso e pré-chuvoso com a ocorrência dos eventos. Desta maneira, pode-se direcionar melhor em situações de prevenção, mitigação e adaptação, preparando para o enfrentamento dos impactos decorrentes da chuva em determinados períodos do ano.

Pode-se notar que, no período chuvoso (abril a julho), ocorrem mais eventos intensos e extremos, sobretudo em junho, quando foram registrados 68 eventos intensos e 15 eventos extremos. Ao comparar com as normais, percebe-se que este é o mês que mais chove e é também o mês com maior número de notificação desses eventos. Em contrapartida, em outubro e novembro, quando chove menos, não há registro de eventos extremos e/ou intensos no período analisado. Padrão parecido também foi observado em dezembro, que não teve nenhum evento extremo,

porém ainda ocorreram dois intensos. Por fim, em setembro, ocorreu apenas 1 evento extremo e 6 eventos intensos (Figura 4).

**Figura 4** - Variabilidade interanual dos eventos intensos e extremos de chuva em João Pessoa-PB com base nos percentis 95 e 99 (1994-2022)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em geral, quando aumentam os acumulados de chuva, a quantidade de eventos intensos e extremos também cresce. No entanto, mesmo com a quantidade maior de eventos intensos em março, os eventos extremos não aumentaram tanto quanto era esperado para o mês. Por isso, seria interessante estudar tal fato para entender qual a razão deste comportamento, principalmente por se tratar do período pré-chuvoso da localidade quando é normal que o volume de chuvas aumente.

Neste sentido, pode-se afirmar que, durante os períodos pré-chuvoso e chuvoso, o quantitativo de eventos intensos e extremos tende a ser maior em virtude da maior ocorrência de chuvas. Por outro lado, no período seco, as chuvas diminuem consideravelmente, reduzindo também as chances de episódios intensos e extremos. Contudo, a redução das chuvas não impede que estes eventos ocorram durante o período seco. Por causa disso, é importante estudar também esses eventos durante períodos secos quando não está prevista a ocorrência frequente de chuvas nem de eventos deste tipo.

Analisando os parâmetros do Teste de Mann-Kendall, pode-se afirmar que há um indicativo de tendência de aumento da quantidade dos eventos intensos e extremos, em virtude dos valores de  $S$  que assumiram resultados positivos. Entretanto, tal tendência não é estatisticamente significativa, já que o  $p$ -valor não é inferior a 0,05. Logo, a hipótese de que há tendência de crescimento dos eventos é rejeitada (Tabela 2).

**Tabela 2** – Parâmetros do Teste de Mann-Kendall aplicado à quantidade dos eventos intensos (P95) e extremos (P99) no município de João Pessoa – PB (1994-2022)

Teste de Mann-Kendall	Z	n	p-valor	S	Var S	tau
P95	0,5090	29	0,6107	28,0	2813,33	0,0709
P99	1,6171	29	0,1059	85,0	2698,33	0,2298

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

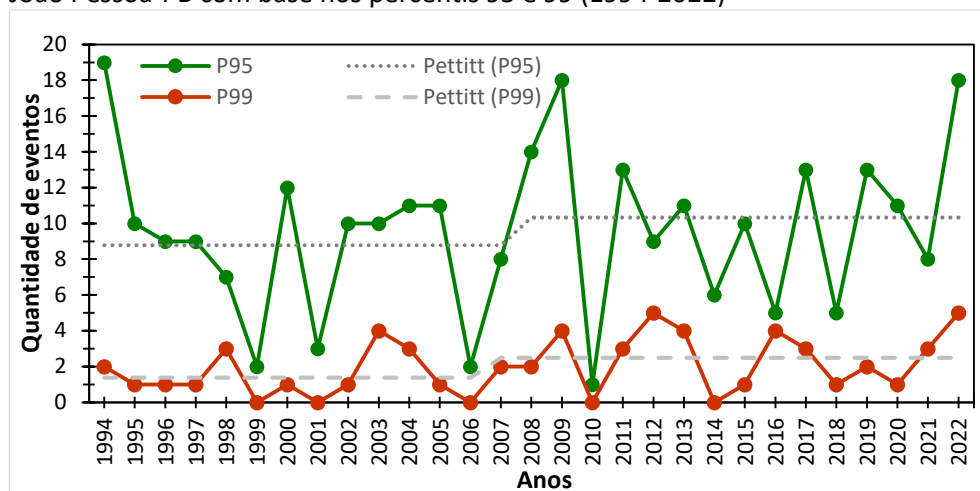
Quanto o Teste de Pettitt, os valores de  $U_{t,T}$  foram positivos, o que indica uma tendência de aumento da quantidade de eventos intensos e extremos, que pode ser confirmada pelo Teste de Mann-Kendall. Porém, do mesmo jeito que no teste anterior, essa tendência não é estatisticamente significativa, uma vez que o *p-valor* não é menor que 0,05 (Tabela 3). O ponto de ruptura da série de dados (K crítico) ocorreu em K igual a 14, que corresponde ao ano de 2007 para os eventos intensos. Assim, a média destes eventos aumentou de, aproximadamente,  $s_1 = 9$  para  $s_2 = 10$ . Para o caso dos eventos extremos, essa ruptura ocorreu um ano antes, em 2006 (K crítico = 13), em que a média de eventos subiu de  $s_1 = 1,4$  para  $s_2 = 2,5$  (Figura 5).

**Tabela 3** - Parâmetros do Teste de Pettitt aplicado à quantidade dos eventos intensos (P95) e extremos (P99) no município de João Pessoa – PB (1994-2022)

Teste de Pettitt	$U_{t,T}$	p-valor	K	$s_1^*$	$s_2^*$
P95	46	1	14	8,7857	10,3333
P99	84	0,3735	13	1,3846	2,5000

\* No texto, os valores de  $s_1$  e  $s_2$ , foram arredondados para números inteiros, pois se tratam de eventos de chuva, a qual é uma variável inteira. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

**Figura 5** – Teste de Pettitt aplicado aos eventos intensos e extremos de chuva em João Pessoa-PB com base nos percentis 95 e 99 (1994-2022)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por último, analisou-se o Teste de Sen que também aponta uma tendência de aumento dos eventos intensos e extremos. Isto porque os resultados do próprio Z, que foram iguais ao do Teste de Mann-Kendall e a inclinação de Sen, assumiram valores positivos. Todavia, mais uma vez, como o *p-valor* não foi inferior a 0,05, a tendência não é estatisticamente significativa (Tabela 4).

**Tabela 4** - Parâmetros do Teste de Sen aplicado à quantidade dos eventos intensos (P95) e extremos (P99) no município de João Pessoa – PB (1994-2022)

Teste de Sen	Z	n	<i>p-valor</i>	Valor de Sen
P95	0,5090	29	0,6107	0,0526
P99	1,6171	29	0,1059	0,0526

Fonte: Elaborado pelos autores.

É fundamental ressaltar que, em geral, as projeções futuras apontam um aumento do volume precipitado de chuva, com indícios de serem mais concentradas e ocorrerem com mais intensidade em um curto período de tempo. Porém, esta análise se limitou a estudar a tendência para a ocorrência de eventos intensos e extremos, impossibilitando confirmar de forma consistente o aumento da tendência. Apesar disso, talvez seja possível constatar tal previsão se os eventos forem analisados isoladamente a partir dos seus volumes precipitados.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto, pode-se afirmar que o trabalho cumpriu com o seu objetivo de caracterizar as chuvas e seus eventos extremos e intensos no município de João Pessoa, além de verificar a tendência de ocorrência destes eventos no período estudado. Logo, os resultados apontam para uma possível transformação do clima local, devido à redução das médias dos acumulados mensais de chuva nos meses de março, abril, maio, julho, agosto e setembro. No entanto, no mês de junho, houve um pequeno aumento da precipitação acumulada média.

Por meio da análise da variabilidade anual dos eventos intensos e extremos de chuva, pode-se concluir que anos com mais eventos intensos não necessariamente terão mais eventos extremos, e vice-versa. Ademais, é comum que anos chuvosos apresentem com mais frequência episódios de eventos intensos e extremos, enquanto anos secos costumam apresentar menos eventos. Contudo, isto não impossibilita a ocorrência de episódios deste tipo em anos secos por causa de variados fatores associados aos mesmos.

A partir do estudo da variabilidade interanual dos eventos, constatou-se que há uma maior ocorrência de eventos intensos e extremos no período chuvoso, entre os meses de abril a julho, especialmente em junho. Durante os períodos pré-chuvoso e chuvoso, há um aumento do quantitativo dos eventos em consequência da maior ocorrência de chuvas. Por outro lado, no período seco, as chuvas diminuem consideravelmente e, em consequência disso, as chances de ocorrência de episódios intensos e extremos também reduzem.

Assim, levando em consideração os resultados deste trabalho e as previsões de outros trabalhos, sugere-se como estudo futuro a avaliação da tendência quanto ao volume precipitado nos eventos intensos e extremos para identificar se há algum aumento. Além disso, é importante investigar também se há alguma relação entre as mudanças de uso e ocupação do solo do município de João Pessoa com a ocorrência dos episódios de chuva intensa e extrema. Outrossim, diante da relevância de trabalhos de escala local, seria interessante repetir o estudo para outras localidades com o objetivo de compreender a dinâmica dos seus eventos intensos e extremos, bem como ajudar as autoridades locais a se planejarem e se prepararem para os episódios futuros.

Por fim, é importante destacar que o objetivo deste trabalho não é propor soluções à situação destacada, mas que sirva de subsídio para estudos posteriores voltados à resolução do problema, assim como seja uma fonte de informação para as autoridades competentes que terão que lidar com este cenário nos próximos anos. Neste sentido, é imprescindível que a questão das mudanças climáticas e do aquecimento global sejam tratadas com mais seriedade e sejam incluídas em seus planos de governo, já que se trata de uma demanda urgente que merece atenção de toda a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. C. B.; SCUDELARI, A. C.; AMARO, V. E.; MATOS M. de F. A. de. Variabilidade dos Extremos de Precipitação Diária na Cidade de Natal, Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 42, n. 4, p. 284-295, 2019.
- ARAÚJO, M. O. L. Análise da precipitação horária no estado da Paraíba. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2020.
- BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. de M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 01, p. 286-299, 2011.
- BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Assuntos Estratégicos. Projeto Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima. Brasília, 2013.
- BRASIL – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Secretaria de Assuntos Estratégicos. Brasil 2040: Resumo Executivo. Brasília, 2015.
- BRITO, D. da S.; SILVA, J. M. O. Estudos dos impactos pluviométricos e dos eventos extremos no município de Crato-CE. Revista Geonorte, v. 1, p. 964-976, 2012.
- CAMARGO, C. G.; BRAGA, H.; MALANDRIN, D. A.; MACHADO, L. Análises de eventos intensos de precipitação na região sul do Brasil: dados históricos. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – SESC, Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES. 2011.

CAMPOS, J. de O.; CHAVES, H. M. L. Tendências e variabilidades nas séries históricas de precipitação mensal e anual no Bioma Cerrado no período 1977-2010. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, p. 157-169, 2020.

CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistics*. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, p. 584, 1999.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

FARIAS, R. F. L.; ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia de ocorrência de eventos intensos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. *Revista Geonorte, Edição Especial 2*, v. 1, n. 5, p. 930-941, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. *Climatologia do estado da Paraíba*, ed. 1. Campina Grande: EDUFCA, 2017.

GOIS, G. de. *Catástrofes naturais no Estado do Rio de Janeiro baseado em dados climáticos e produtos orbitais: uma abordagem estatística*. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2017.

GONÇALVES, F. N.; BACK, A. J. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 3, p. 592-602, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/joao-pessoa.html>>. Acesso em: 16 out. 2023.

KENDALL, M.G. *Rank Correlation Methods*. 4th Edition, Charles Griffin, London, 1975.

LOUREIRO, R. S. de; SARAIVA, J. M.; SARAIVA, I.; SENNA, R. C.; FREDÓ, A. S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, p. 83-94, 2014.

MAIA, D. S. *Habitação popular e o processo de periferização e de fragmentação urbana: uma análise sobre as cidades de João Pessoa-PB e Campina Grande-PB*. Geosul, Florianópolis, v. 29, n. 58, p. 89-113, 2014.

\_\_\_\_\_. *Tempos lentos na cidade: permanências e transformações dos costumes rurais em João Pessoa – PB*. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13: 245–259, 1945.

MARENCO, J.A. Mudanças climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.16, p. 1-18, 2002.

\_\_\_\_\_ ; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil do Século XXI usando modelos do IPCC-AR4. Revista MultiCiência, ed. 8, 2007.

MARGULIS, S. Mudanças do clima: tudo o que você queria e não queria saber. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2020.

MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. Características da precipitação na América do Sul reveladas através de índices climáticos. Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, 2020.

MENDONÇA, V. M.; AMORIM, M. C. C. T. Estudo dos impactos da precipitação no ambiente urbano de Presidente Prudente-SP. In: Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos - Porto Alegre, 2010.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. GEOTEXTOS(ONLINE), v. 13, p. 135-159, 2017.

OLIVEIRA, J. V. P. de. Variabilidade da Precipitação e Ocorrência de Episódios de Alagamento nas Proximidades da Sede Administrativa da CBTU no Município de João Pessoa – PB. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2021.

OLIVEIRA, T.; SANTOS E SILVA, C. M.; LIMA, K. C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 130, p. 77-90, 2016.

PEREIRA, M. D. B. Dinâmica climática e as chuvas na região da Zona da Mata, Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2018.

\_\_\_\_\_ ; MOURA, M. de O.; LUCENA, D. B. Análise da variabilidade pluviométrica interanual da Zona da Mata Nordestina e a identificação de anos padrão. Revista Brasileira de Climatologia, ano 16, v. 26, p. 30-40, 2020. ISSN: 2237-8642.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied statistics, p. 126-135, 1979.

REGOTO, P.; DEREZYNYSKI, C.; SILVA, W. L.; SANTOS, R.; CONFALONIERI. Tendências de Extremos de Precipitação para o Estado do Espírito Santo. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 41-1, p. 365-381, 2018.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, v. 63, p.1379-1389, 1968.

SILVA, E. A. da; BRITO, J. I. B. de; BECKER, C. T.; CAVALCANTI, E. P.; MANDÚ, T. B.; LIMA, I. P. C. de. Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. Revista Brasileira de Climatologia, v. 30, p. 93-111, 2022.

SILVA, L. L. Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2007.

SILVA, N. T. da. As chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia), Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2018.

SILVA, P. do N.; CAPUCIN, B. C.; SILVA, B. A.; REBOITA, M. S. Características anômalas do verão de 2019 no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, a. 16, v. 27, p. 612-634, 2020.

SILVESTRE, M. R. Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2016.

SOARES, M. P. A.; ALMEIDA, F. F. A. de; SOUZA, W. M. de. Avaliação dos índices de extremos climáticos no Agreste Central de Pernambuco. In: XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste e 15º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos países de Língua Portuguesa, Caruaru – PE, 2022.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C. de; CARVALHO, F. O. de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 3, p. 347- 354, 2012.

Contato com o autor: nataliads.ufpb@gmail.com

Recebido em: 20/06/2024

Aprovado em: 25/06/2025